



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121749** (13) **C2**  
(51) МПК (2020.01)

**C01C 1/02** (2006.01)  
**C01C 1/247** (2006.01)  
**B01D 53/58** (2006.01)  
**B01D 53/52** (2006.01)  
**C10G 1/06** (2006.01)  
**C10G 3/00**  
**C01B 3/38** (2006.01)  
**C10K 1/00**  
**C02F 11/10** (2006.01)  
**F23G 5/027** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2016 10071</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Маркер Террі Л. (US), Фелікс Ларрі Дж. (US), Лінк Мартін Б. (US), Робертс Майкл Дж. (US)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>26.07.2012</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ГЕЗ ТЕКНОЛОДЖИ ІНСТІТЮТ, 1700 South Mount Prospect Road, Des Plaines, IL 60018, USA (US)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>27.07.2020</b>	<b>(74)</b> Представник: <b>Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>13/196,645</b>	
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>02.08.2011</b>	
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: <b>US</b>	
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>11.12.2017, Бюл.№ 23</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.07.2020, Бюл.№ 14</b>	
<b>(62)</b> Номер та дата подання попередньої заявки, з якої виділено заявку, позначену кодом (21): <b>а201402083, 26.07.2012</b>	

**(54) СПОСІБ ГІДРОПІРОЛІЗУ І СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ****(57) Реферат:**

Винахід стосується способів гідропіролізу для отримання як продукту газоподібного аміаку ( $\text{NH}_3$ ) або водного розчину аміаку ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) та водню з пароподібного продукту, що виходить з реактора гідропіролізу. Відповідно до одного з аспектів винаходу спосіб включає введення біомаси і водню в установку гідропіролізу; достатнє дезоксигенування біомаси для отримання пароподібного продукту, всі складові частини якого знаходяться в газоподібному стані і складають дезоксигеновані вуглеводні, які конденсуються, гази, які не конденсуються, і воду; охолодження пароподібного продукту для конденсації рідкої органічної фази і рідкої водної фази, що включає щонайменше одну сполуку, яка складає пароподібний продукт, включаючи аміак ( $\text{NH}_3$ ), який переходить в розчин в рідкій водній фазі; і фазове розділення на рідку водну

**UA 121749 C2**

фазу, яка містить розчинений аміак ( $\text{NH}_3$ ), і рідку органічну фазу шляхом обробки водної фази з отриманням як продукту газоподібного  $\text{NH}_3$  або водного розчину аміаку ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ).

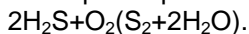


Фіг. 1

Даний винахід стосується способу видалення сірководню ( $H_2S$ ) з парів продукту, який виходить з реактора гідропіролізу, за допомогою взаємодії з аміаком ( $NH_3$ ) з утворенням сульфиду амонію. Крім того, спосіб забезпечує перетворення сірководню в сульфат амонію.

Спосіб за даним винаходом стосується видалення  $H_2S$  з відпрацьованих парів, які виходять з реактора гідропіролізу. Реактори гідропіролізу відомі з рівня техніки.

У промисловому масштабі  $H_2S$  звичайно видаляють з пароподібних потоків за допомогою способу Клауса, в установці Клауса. У способі Клауса  $H_2S$  окиснюється з утворенням діоксиду сірки ( $SO_2$ ) і потім діоксид сірки взаємодіє з додатковою кількістю  $H_2S$  з утворенням води ( $H_2O$ ) і елементарної сірки. Загальна реакція являє собою:



Даний спосіб добре відомий і широко використовувався в очищенні і реформінгу нафтових продуктів. Однак даний спосіб є складним і часто включає множинну реакційних стадій. Крім того, спосіб може бути найбільш ефективно застосований до потоків, які містять 25 % або більше  $H_2S$  на молекулярній основі. Коли на установці Клауса переробляють потоки, які містять аміак, а також  $H_2S$ , аміак окиснюється разом з  $H_2S$ . Це не є бажаним, оскільки аміак є потенційно цінним реакційним продуктом процесу гідропіролізу.

Значна частина потоку пароподібного продукту з реактора гідропіролізу включає пари води і вуглеводні з температурами кипіння нижче 70 градусів за Фаренгейтом (21,1 °C) при атмосферному тиску. Пароподібний продукт з реактора гідропіролізу необхідно охолодити до температур навколишнього середовища для того, щоб витягнути рідкі вуглеводні у вигляді окремого потоку продукту. Коли потік пароподібного продукту охолоджують, водяна пара в потоці пароподібного продукту конденсується з утворенням рідкої води, і значна частина  $H_2S$  і  $NH_3$  в потоці пароподібного продукту переходить в розчин в рідкій воді. Тоді, отриманий в результаті водний розчин містить сполуки аміаку і сульфідів.

Способи, за допомогою яких можна здійснити каталітичну взаємодію водорозчинних сульфідних сполук з киснем з отриманням стабільних сульфатних сполук, описуються в патентах США, виданих Маріанжелі (Marinangeli) зі співавторами № 5207927 і Джіллеспі (Gillespie) № 5470486. Підхід, описаний Маріанжелі зі співавторами, включає пропускання водного потоку, який містить як сполуки сульфиду, так і кисень, над відповідним каталізатором окиснення при умовах, в яких підтримують значення pH розчину при 9-12 і відношення кисню до сірки більше ніж приблизно 5. Підхід, описаний Джіллеспі, вимагає підтримувати значення pH більше ніж 12 і відношення кисню до сірки більше ніж приблизно 4. Обидва підходи віддають перевагу фталоціанінам металів, причому Джіллеспі вважає за краще використовувати вуглецеві носії. Таким шляхом отримують потік продукту, який по суті не містить сполуки сульфідів, оскільки всі сполуки сульфідів були конвертовані в сполуки сульфатів.

У реакторі гідропіролізу способу за даним винаходом вихідна біомаса конвертується в потік, який містить наступне:

1. Дезоксигеновані вуглеводні, які конденсуються (з властивостями, відповідними властивостям бензину, дизельного палива і гасу),
2. Пари вуглеводнів, які не конденсуються (таких як метан, етан, пропан і бутан),
3. Інші пари, які не конденсуються ( $CO_2$ ,  $CO$  і водень),
4. Воду і сполуки, які розчинні в рідкій воді, такі як аміак ( $NH_3$ ), і сірководень ( $H_2S$ ).

$NH_3$  присутній в потоці продукту гідропіролізу внаслідок присутності азоту у вихідній біомасі.  $H_2S$  присутній в потоці гідропіролізу внаслідок присутності сірки у вихідній біомасі. Азот і сірка у вихідній сировині взаємодіють з воднем в реакторі гідропіролізу з утворенням  $NH_3$  і  $H_2S$ , відповідно.

Однією з цілей даного винаходу є розробка способу, за допомогою якого можна видалити сірководень з потоку пароподібного продукту, який отримується гідропіролізом біомаси. Експерименти гідропіролізу, в ході яких біомаса була дезоксигенована і конвертована в продукти, які включають вуглеводні, показали, що потік парів, який виходить з реактора гідропіролізу, містить пари води,  $H_2S$ , в пропорціях, які роблять даний продукт унікально прийнятним для способу, в якому  $H_2S$  об'єднують з  $NH_3$  у водному розчині, і потім окиснюють з утворенням сульфату амонію. Дані експерименти є оригінальними, і концентрації сполук азоту і сірки в пароподібному потоці є несподіваними і дивними. Дані експерименти детально описуються в прикладах, які представлені нижче.

Для того, щоб здійснити гідропіроліз в реакторі гідропіролізу за даним винаходом, деяку частину потоку продукту гідропіролізу з реактора можна направити в паровий риформер, і там здійснити взаємодію з парою з отриманням водню. Як правило, буде бажаним направити деяку або всю кількість парів вуглеводнів, які не конденсуються, таких як метан, етан, пропан, бутан і т. д., в риформер. Отриманий таким чином водень, потім можна знову ввести в реактор

гідропіролізу з тим, щоб можна було продовжувати здійснення гідропіролізу. Необхідність в джерелі водню, зовнішньому відносно способу гідропіролізу, пов'язаного з даним винаходом, можна таким чином зменшити або виключити. Потрібно зазначити, що  $\text{H}_2\text{S}$  буде присутній в потоці пароподібного продукту зі способу гідропіролізу у всіх випадках, коли сірка присутня у вихідній сировині, і присутність  $\text{H}_2\text{S}$  створює декілька проблем.

$\text{H}_2\text{S}$  в потоці пароподібного продукту є високотоксичним для людини. Крім того,  $\text{H}_2\text{S}$  може отруювати каталізатори, які беруть участь в паровому риформінгу пароподібного продукту з реактора гідропіролізу. Більше того,  $\text{H}_2\text{S}$  може взаємодіяти з  $\text{NH}_3$  з утворенням сульфід амонію  $((\text{NH}_4)_2\text{S})$ , і потім окиснюватися з утворенням сульфату амонію  $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ , продукту зі значною комерційною цінністю як добрива.

Даний винахід описує спосіб, який забезпечує можливість захоплювати  $\text{H}_2\text{S}$  і  $\text{NH}_3$ , які містяться в пароподібному продукті з гідропіролізу біомаси, у водний потік. Експерименти гідропіролізу біомаси продемонстрували, що спосіб гідропіролізу, пов'язаний з даним винаходом, дає потік продукту, який містить водяну пару,  $\text{H}_2\text{S}$  і  $\text{NH}_3$  в особливих кількостях, який забезпечує можливість отримати необхідні умови для видалення  $\text{H}_2\text{S}$  за допомогою конверсії в  $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ . Фактично весь  $\text{H}_2\text{S}$ , поглинений у водному потоці, взаємодіє з  $\text{NH}_3$  з утворенням  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ . Крім того, забезпечується надлишок  $\text{NH}_3$ , який не прореагував, який розчиняється у водному потоці для того, щоб збільшити рН водного потоку приблизно до 12 або більше, або менше, як потрібно для подальшого перетворення  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Даний потік потім може взаємодіяти з киснем в термічній, некаталітичній зоні конверсії, щоб значно конвертувати розчинений  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  і тиосульфат. Даний потік може далі контактувати з киснем і каталізатором окиснення відповідно до методу, описаного Джіллеспі, патент США № 5470486, або, альтернативно, вхідний водний потік може взаємодіяти з киснем, в присутності відповідного каталізатора, відповідно до методу, описаного в патенті США № 5207927 (Марінанжелі зі співавт.). Використовуючи будь-яку технологію, всередині діапазонів рН, мольного відношення кисню до сірки, тиску, температури і часової об'ємної швидкості рідини, описується в даних патентах, отримують водний потік, який містить  $\text{NH}_3$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , і дані сполуки потім можна витягнути і продати як добриво. У цей час застосовуються різні методи отримання сульфату амонію з водного потоку, який містить сульфід амонію і розчинений аміак, і приклади, процитовані вище, служать як ілюстрація того, що існують усталені технології для здійснення даної конверсії.

Дані сполуки, отримані з аміаку, які можна витягнути і продати як добриво, можна змішати з вугіллям, яке утворилося в даному способі, і гранулювати, отримуючи продукт для добрива і поліпшення ґрунту. Аналогічним чином, дані сполуки, отримані з аміаку, які можна витягнути і продати як добриво, можна також змішати з вугіллям і іншими необхідними поживними речовинами для ґрунту і мінералами, і гранулювати, отримуючи продукт для меліорації, добрива і поліпшення ґрунту. Фахівець в даній галузі також зрозуміє, що дані сполуки отримані з аміаку, які включають вугілля і інші необхідні поживні речовини для ґрунту і мінерали, можна приготувати у вигляді рецептур пролонгованої дії, щоб уникнути повторного застосування в сільськогосподарських садіннях.

Також виходить потік пароподібного продукту, з якого видалили по суті весь  $\text{H}_2\text{S}$ . Даний потік пари можна обробити різними способами, включаючи використання як палива для нагрівання пари або направлення його в паровий риформер.

Дані і інші цілі та відмітні ознаки даного винаходу будуть більш зрозумілими з докладного опису, який йде нижче, у взаємозв'язку з кресленнями, на яких:

Фіг. 1 розкриває технологічну схему згідно з одним переважним варіантом здійснення даного винаходу, в якому  $\text{H}_2\text{S}$  поглинають первинним водним потоком, який містить  $\text{NH}_3$ , і окиснюють в реакторі з утворенням  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Фіг. 2 розкриває технологічну схему згідно з одним переважним варіантом здійснення даного винаходу, в якому  $\text{H}_2\text{S}$ , який все ще залишається в потоці охолодженого пароподібного продукту, поглинається в шарі сорбенту.

Фіг. 3 розкриває технологічну схему згідно з одним переважним варіантом здійснення даного винаходу, в якому  $\text{H}_2\text{S}$ , який залишається в потоці охолодженого пароподібного продукту, поглинають і спрямовують в реактор окиснення разом з первинним водним потоком, сприяючи більш повній загальній конверсії  $\text{H}_2\text{S}$  в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Фіг. 4 розкриває технологічну схему згідно з одним переважним варіантом здійснення даного винаходу, в якому потік обробленого водного продукту, який містить воду,  $\text{NH}_3$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , оброблюють в колоні для відпарювання кислих вод.

Фіг. 5 розкриває технологічну схему згідно з одним переважним варіантом здійснення даного винаходу, в якому колона для відпарювання кислих вод видаляє  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  з первинного водного потоку перед введенням водного потоку в реактор окиснення.

Фіг. 6 розкриває технологічну схему згідно з одним переважним варіантом здійснення даного винаходу, який включає як пристрій видалення  $\text{H}_2\text{S}$ , пов'язаний з потоком пароподібного охолодженого продукту, так і колону для відпарювання кислих вод вище по потоку від реактора окиснення.

#### ДОКЛАДНИЙ ОПИС ПЕРЕВАЖНИХ В ЦЕЙ ЧАС ВАРІАНТІВ ЗДІЙСНЕННЯ

Фіг. 1-6 розкривають різні переважні варіанти здійснення заявленого винаходу. Фіг. 1 показує технологічну схему, яка ілюструє найбільш простий варіант здійснення способу за даним винаходом, в якому  $\text{H}_2\text{S}$  поглинається в первинному водному потоці, який містить  $\text{NH}_3$ , і окиснюється в реакторі з утворенням  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Потоки продуктів в даному варіанті здійснення включають потік охолодженої пари, який включає в себе, в основному, технологічні пари, і який містить деяку кількість  $\text{H}_2\text{S}$ , і рідкий потік, який включає в себе, в основному, конденсовані вуглеводні, другий пароподібний потік, який включає в себе, в основному, азот і кисень, і оброблений водний потік, який включає в себе, в основному, воду,  $\text{NH}_3$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Фіг. 1 розкриває перший і найбільш елементарний варіант здійснення способу за даним винаходом. Біомасу 111 і водень 112 вводять в реактор гідропіролізу 110, який дає твердий, вуглецевмісний продукт 113 (який називається вугіллям) і потік пароподібного продукту 114. Твердий продукт 113 включає в себе, в основному, вуглецевмісний залишок, який залишається після гідропіролізу біомаси 111, яка подається. Потік пароподібного продукту 114 виходить з реактора гідропіролізу 110 (який може включати одиночний реактор або множину реакторів, з'єднаних послідовно) при температурі, яка є характерною для таких процесів гідропіролізу, як мінімум, досить високою, щоб всі складові частини підтримувалися в газоподібному стані. Однак, як є характерним для таких процесів гідропіролітичної конверсії, температура також може бути значно вищою, ніж даний мінімум. Потік пароподібного продукту 114, в основному, включає:

1. Дезоксигеновані вуглеводні, які конденсуються (з властивостями, відповідними властивостям бензину, дизельного палива і гасу).
2. Пари вуглеводнів, які не конденсуються (таких як метан, етан, пропан і бутан),
3. Інші пари, які не конденсуються ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2$ ).
4. Воду і сполуки, які розчинні в рідкій воді, такі як аміак ( $\text{NH}_3$ ), і сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Пароподібний потік пропускають через конденсатор 120 або інший пристрій, або інший ряд пристроїв, в якому температуру пароподібного потоку знижують до точки, в якій по суті всі вуглеводні, які конденсуються, можна видалити у вигляді рідкого потоку. У даній точці з'являються три фази: охолоджена пароподібна фаза, вуглеводнева фаза і водна фаза. Потік охолодженого продукту, який містить всі три фази, спрямовують в сепаратор 130, в якому згадані вище три фази можна розділити на три окремі потоки.

У даний момент переважно видаляють потік продукту, який являє собою вуглеводні 132, які конденсуються.  $\text{H}_2\text{S}$ , який початково був присутній в потоці гарячого пароподібного продукту 114, тепер розділяють, причому деяка частина виходить з сепаратора в потік охолодженої пари 131, і деяка частина - в первинний водний потік 133. Сліди  $\text{H}_2\text{S}$  також можуть бути присутніми в потоці рідких вуглеводнів 132, але розчинність полярної молекули  $\text{H}_2\text{S}$  в потоці рідких вуглеводнів є мінімальною.

Потік охолодженого пароподібного продукту 131, який виходить з сепаратора, включає, в основному,  $\text{H}_2$ , вуглеводні, які не конденсуються,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2\text{S}$ .

Первинний водний потік 133, який виходить з сепаратора, включає, в основному, воду,  $\text{NH}_3$  і сульфід амонію  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  в даному потоці утворюється, коли  $\text{H}_2\text{S}$  з пароподібного потоку потрапляє у водний потік і взаємодіє з  $\text{NH}_3$ , який також знаходиться в розчині у водному потоці. Мета даного винаходу полягає в контролюванні способу за винаходом таким чином, щоб значення pH первинного водного потоку 133 становило приблизно 12, означаючи, що концентрація  $\text{NH}_3$  (у вигляді  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) в потоці є досить великою, щоб дати сильно основний розчин. Це, частково, допомагає стабілізувати  $\text{H}_2\text{S}$  і збільшити його розчинність у водному потоці. Це також є переважною умовою для роботи реактора окиснення 140, в якому  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  окиснюється з утворенням  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Первинний водний потік 133 з сепаратора 130 потім вводять в реактор окиснення 140, який називається в даному описі каталітичним реактором. Потік повітря 141 також вводять в реактор окиснення в кількості, достатній для подачі приблизно 5 молей кисню на кожний моль сірки. Після взаємодії при відповідній температурі і тиску, в присутності відповідного каталізатора, і

протягом достатнього часу знаходження,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  в первинному водному потоці 133 окиснюється по суті повністю.

Відповідно до даного першого варіанту здійснення способу за даним винаходом, з реактора окиснення переважно отримують потік обробленого водного продукту 142, який включає  $\text{NH}_3$ , рідку воду і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Крім того, з реактора окиснення отримують потік реакторного газоподібного продукту 143, в основному включаючи азот і невикористаний кисень, який містить сліди  $\text{NH}_3$  і водяну пару. Потрібно зазначити, що в даному першому варіанті здійснення значна концентрація  $\text{H}_2\text{S}$  все ще присутня в потоці охолодженого пароподібного продукту 131, який виходить з пристрою сепаратора 130.

Фіг. 2 являє собою технологічну схему, яка ілюструє варіант здійснення способу за даним винаходом, в якому  $\text{H}_2\text{S}$ , який все ще залишається в потоці охолодженого пароподібного продукту, поглинається в шарі сорбенту У цьому випадку видалення  $\text{H}_2\text{S}$ , який залишається в потоці охолодженого пароподібного продукту, є по суті повним.

Фіг. 2 ілюструє другий варіант здійснення способу за даним винаходом. У даному другому варіанті здійснення був доданий пристрій видалення  $\text{H}_2\text{S}$  250 нижче по потоку від сепаратора 230. Первинний потік охолодженого пароподібного продукту 231 пропускають через пристрій видалення  $\text{H}_2\text{S}$  250 (який може включати шар сорбенту, рідинне промивання або інший аналогічний пристрій).  $\text{H}_2\text{S}$  в первинному потоці охолодженого пароподібного продукту 231 видаляють по суті повністю з первинного потоку охолодженого пароподібного продукту 231 і отримують первинний потік охолодженого пароподібного продукту 251, який включає в основному  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  і пари вуглеводнів, які не конденсуються. У даному варіанті здійснення  $\text{H}_2\text{S}$  не витягують і від нього позбавляються наприклад, коли пристрій видалення  $\text{H}_2\text{S}$  250 регенерують, причому  $\text{H}_2\text{S}$ -вмісні відходи відповідно викидають.

Фіг. 3 ілюструє третій варіант здійснення способу за даним винаходом. У даному третьому варіанті здійснення був доданий пристрій видалення  $\text{H}_2\text{S}$  350 нижче по потоку від сепаратора 330, як у другому варіанті здійснення, описаному вище. Первинний потік охолодженого пароподібного продукту 331 проходить через пристрій видалення  $\text{H}_2\text{S}$  350 (який може включати шар сорбенту багаторазового використання, аміновий скруббер або аналогічний апарат).  $\text{H}_2\text{S}$  з первинного потоку охолодженого пароподібного продукту 331 по суті повністю видаляють і отримують первинний потік охолодженого пароподібного продукту 351, який включає в основному  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  і пари вуглеводнів, які не конденсуються. Однак в даному третьому варіанті здійснення,  $\text{H}_2\text{S}$  витягують з пристрою видалення  $\text{H}_2\text{S}$  350 у вигляді потоку 352, який включає в основному газоподібний  $\text{H}_2\text{S}$ , і спрямовують в реактор окиснення 340 разом з первинним водним потоком 333. У реакторі окиснення газоподібний потік  $\text{H}_2\text{S}$  352 приводять в контакт з первинним водним потоком 333 і відповідним каталізатором, і отримують  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , який потім окиснюють з отриманням  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Таким шляхом, отримують первинний пароподібний потік охолодженого продукту 351, який містить тільки слідові кількості  $\text{H}_2\text{S}$ , і який включає в себе, в основному,  $\text{H}_2$ , вуглеводні, які не конденсуються,  $\text{CO}_2$  і  $\text{CO}$ . Крім того, збільшується загальна конверсія  $\text{H}_2\text{S}$ , і вона вища, ніж в першому варіанті здійснення способу за даним винаходом, описаному вище.

Фіг. 4 ілюструє четвертий варіант здійснення способу за даним винаходом. Аміак ( $\text{NH}_3$ ) являє собою потенційно цінний продукт, і відділяється від первинного обробленого водного потоку 442, який виходить з реактора окиснення 440, в колону для відпарювання кислих вод 460 в даному четвертому варіанті здійснення способу за даним винаходом. Даний підхід дає можливість витягнути газоподібний потік 461, який включає, в основному,  $\text{NH}_3$ , в той час як воду і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  отримують окремо з колони для відпарювання кислих вод у вигляді повторного обробленого водного потоку 462.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , який має високу розчинність у воді, і водний розчин  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , який має потенційну цінність як сільськогосподарське добриво. Якщо бажано, даний розчин можна концентрувати додатковим нагріванням повторного обробленого водного потоку 462, за допомогою чого можна відділити деяку кількість або всю кількість води в потоці.

Фіг. 5 ілюструє п'ятий варіант здійснення способу за даним винаходом. Даний варіант здійснення демонструє колону для відпарювання кислих вод 560 вище по потоку від реактора окиснення 540, яка приймає первинний водний потік 533 з сепаратора. Вода,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , що утворюється внаслідок взаємодії  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , видаляються в колоні для відпарювання кислих вод 560, і виходять з колони для відпарювання кислих вод у вигляді газоподібного потоку 562. За допомогою цього отримують потік очищеної рідкої води 561. Даний потік очищеної рідкої води 561 згодом є в розпорядженні у вигляді потоку продукту. Якщо бажано, частину даного потоку очищеної рідкої води 561 можна знову привести в контакт з газоподібним потоком 562, який включає  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , з колони для відпарювання кислих вод. У цьому випадку,  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  знову надходять у розчин в даній частині потоку рідкої води 561, утворюючи  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , і даний

розчин потім вводять в реактор окиснення 540 для перетворення в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Однак потік очищеної рідкої води переважно не приводять в контакт з газоподібним потоком 562 і, переважно, потік 562 охолоджують, при необхідності, щоб вода в даному потоці сконденсувалася, і  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  в даному потоці повертають в розчин, який формує  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , і даний розчин потім вводять в реактор окиснення 540 для конверсії в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Даний підхід надає потік очищеної води 561, і створює концентрований оброблений потік 542, який включає воду,  $\text{NH}_3$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , на виході з реактора окиснення 540.

Фіг. 6 ілюструє шостий варіант здійснення способу за даним винаходом. Даний варіант здійснення демонструє колону для відпарювання кислих вод 660 вище по потоку від реактора окиснення 640, яка приймає первинний водний потік 633 з сепаратора 630. Він також демонструє пристрій видалення  $\text{H}_2\text{S}$  650 нижче по потоку від сепаратора 630, як в третьому варіанті здійснення, описаному вище. Первинний потік охолодженого пароподібного продукту 631 проходить через пристрій видалення  $\text{H}_2\text{S}$  650 (який може включати шар сорбенту, аміновий скруббер або аналогічний апарат).  $\text{H}_2\text{S}$  з первинного потоку охолодженого пароподібного продукту 631 по суті повністю видаляють і отримують первинний потік охолодженого пароподібного продукту 651, який включає в основному  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  і пари вуглеводнів, які не конденсуються. Як і в третьому варіанті здійснення,  $\text{H}_2\text{S}$  витягують у вигляді потоку 652, який включає в основному газоподібний  $\text{H}_2\text{S}$ , і спрямовують в реактор окиснення 640.

Як зазначено вище в описі п'ятого варіанту здійснення, розчинені  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  і будь-яку кількість  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , яка утворилася при взаємодії  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , виділяють з первинного водного потоку 633 в колоні для відпарювання кислих вод 660. Воду,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  і будь-яку кількість  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , яка утворилася при взаємодії  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , видаляють в колоні для відпарювання кислих вод 660, і вони виходять з колоні для відпарювання кислих вод у вигляді газоподібного потоку 662. За допомогою цього отримують потік очищеної води 661. Даний потік очищеної води 661 згодом є в розпорядженні у вигляді потоку продукту. Якщо бажано, частину даного потоку очищеної рідкої води 661 можна знову привести в контакт з газоподібним потоком 662, який включає  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , з колоні для відпарювання кислих вод. У цьому випадку,  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  знову надходять в розчин в даній частині потоку рідкої води 661, утворюючи  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , і даний розчин потім вводять в реактор окиснення 640 для перетворення в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Однак потік очищеної рідкої води переважно не приводять в контакт з газоподібним потоком 662 і переважно потік 662 охолоджують, при необхідності, щоб вода в даному потоці сконденсувалася, і  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  в даному потоці повертають в розчин, який формує  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , і даний розчин потім вводять в реактор окиснення 640 для конверсії в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Даний підхід надає потік очищеної води 661 і створює концентрований оброблений потік 642, який включає воду,  $\text{NH}_3$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , на виході з реактора окиснення 640. Потік 652 витягнутого  $\text{H}_2\text{S}$  з пристрою видалення  $\text{H}_2\text{S}$  також вводять в реактор окиснення.

Даний шостий варіант здійснення способу за даним винаходом надає потік очищеної води 661 і створює концентрований оброблений потік 642, який включає воду,  $\text{NH}_3$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , на виході з реактора окиснення 640. Він також забезпечує первинний потік охолодженого пароподібного продукту 651, який може містити незначні концентрації  $\text{H}_2\text{S}$ , і сприяє високій загальній конверсії  $\text{H}_2\text{S}$  в продукт, який являє собою  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Вугілля, яке утворилося в результаті гідропіролізу біомаси (наземної і водної біомаси, відходів з процесів використання даних матеріалів), а також пластмаси, отримані з біомаси або нафти, як було виявлено, являють собою по суті інертний вуглецевмісний матеріал, який не містить домішок вуглеводнів, які є токсичними для людини або рослин. Одна мета даного винаходу полягає в об'єднанні вугілля, отриманого з гідропіролізу біомаси або пластмаси, з сульфатом амонію, витягнутим з даного способу для отримання продукту, який являє собою добриво для сільського господарства, у вигляді порошку, гранульованого або брикетованого матеріалу, який може як поліпшити якість ґрунту для використання як сільськогосподарського субстрату, так і забезпечити компонент добрива для живлення лігноцелюлозної біомаси.

#### ПРИКЛАДИ

Зразок деревини з властивостями, типовими для деревини більшості видів, піддавали гідропіролізу. Елементний склад деревини представлений в таблиці А нижче. Склад представлений як відносно загальної основи (яка включає вологу і золу в вихідній сировині), так і відносно основи, яка не містить вологу і золу (MAF). Як можна помітити з таблиці А, в деревині присутні невеликі, але помітні кількості азоту і сірки.

Вихід продуктів гідропіролізу, отриманий в пароподібному потоці, який виходить з експериментального реактора гідропіролізу, поданий в таблиці В. Не всі кількості азоту і сірки, спочатку присутні в деревині, зрештою, виявилися в пароподібному потоці з реактора гідропіролізу. Деяка кількість сірки і деяка кількість азоту є хімічно зв'язаною в потоці твердого

продукту (який включає вугілля і золю) з реактора гідропіролізу. Однак експеримент демонструє, що вихід  $\text{NH}_3$  в первинному потоці пароподібного продукту становить 0,18 % від маси вихідної сировини, відносно MAF основи. Вихід  $\text{H}_2\text{S}$  склав 0,05 % від маси вихідної сировини, відносно MAF основи. Потрібно зазначити, що загальні маси в таблиці В дають в сумі до 104,83 %. Це зумовлено фактом, що задана кількість вологи і деревина, яка не містить золи, взаємодіють з воднем в процесі гідропіролізу, і продукти, які утворюються в результаті, мають більш високу загальну масу в порівнянні з деревиною, яка взаємодіє.

Як приклад, можна передбачити, що один кілограм деревини, який не містить вологу і золю, піддають гідропіролізу. У цьому випадку, пароподібний потік містить 1,8 грама  $\text{NH}_3$  і 0,5 грама  $\text{H}_2\text{S}$ . Внаслідок різних молярних мас  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , це прирівнюється до 0,106 молів  $\text{NH}_3$  і 0,014 молів  $\text{H}_2\text{S}$ . Молярне відношення  $\text{NH}_3$  до  $\text{H}_2\text{S}$ , тому, дорівнює 7,4 до 1. Для того щоб отримати  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  у водному розчині, потрібно два молі  $\text{NH}_3$  на кожний моль  $\text{H}_2\text{S}$ . Відносні кількості  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  в пароподібному потоці, який виходить з реактора гідропіролізу, є більш ніж достатніми для взаємодії всього  $\text{H}_2\text{S}$  в потоці з  $\text{NH}_3$  і отримання водного розчину  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .

Далі взаємодія з воднем в способі гідропіролізу перетворює значну частку кисню, що міститься в сухій беззолній деревині, у водяну пару в пароподібному потоці, що виходить з процесу гідропіролізу. Навіть якщо вихідна сировина є повністю сухою, проте відбувається утворення значної кількості води протягом гідропіролізу деревної вихідної сировини, і кількість води, яка утворилася, є достатньою, щоб по суті повністю розчинити всю кількість  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , присутню в потоці пароподібного продукту гідропіролізу.

У той час як вся або майже вся кількість  $\text{NH}_3$ , що виходить з реактора гідропіролізу, в кінцевому результаті, переходить в розчин в первинному водному потоці, розчинність  $\text{H}_2\text{S}$  у водних розчинах залежить від різноманітних чинників, таких як температура, тиск і рН розчину.  $\text{NH}_3$  в розчині первинного водного потоку буде робити даний розчин лужним, і це буде значно збільшувати розчинність  $\text{H}_2\text{S}$  в лужному водному розчині.  $\text{H}_2\text{S}$  і  $\text{NH}_3$  мимовільно взаємодіють у водному розчині з утворенням  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , хоч даний сульфід може бути присутнім в дисоційованій формі. Однак не вся кількість  $\text{H}_2\text{S}$  в потоці пароподібного продукту, ймовірно, надходить в первинний водний потік, коли охолоджують технологічну пару. На практиці охолоджений пароподібний потік все ще містить значну концентрацію  $\text{H}_2\text{S}$ . Різні варіанти здійснення способу за даним винаходом, описані вище, забезпечують засіб, за допомогою якого дані концентрації, які залишаються  $\text{H}_2\text{S}$  можна видалити з охолодженого пароподібного потоку і, зрештою, здійснити їх взаємодію з  $\text{NH}_3$  і киснем з утворенням  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Насправді, вихідна біомаса, яка подається в реактор гідропіролізу, також буде містити деяку кількість вологи, тому дійсна кількість водяної пари в нагрітому пароподібному потоці з реактора гідропіролізу буде містити значно більше води, ніж було б у випадку, якщо вихідна сировина була абсолютно сухою. Дане явище сприяє видаленню  $\text{H}_2\text{S}$  з охолодженого пароподібного потоку, оскільки концентрації  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  в первинному водному потоці будуть ще нижчими, ніж вони були б, якщо вихідна сировина була повністю сухою, означаючи, що більше  $\text{H}_2\text{S}$  можна десорбувати з охолодженого пароподібного потоку в конденсаторі і сепараторі варіантів здійснення способу за даним винаходом, описаних вище. Розчинність  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  у воді дуже висока, і розчини  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , які містять аж до 52 % по масі  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , є в продажу.

Таблиця А

Склад деревної вихідної сировини

Деревина:	Вихідний склад	Вихідний склад, відносно MAF основи
% C (MF)	47,6	50,2
% H (MF)	5,7	6,0
% O (MF)	41,2	43,5
% N (MF)	0,2	0,2
% S (MF)	0,1	0,1
% золи (MF)	1,1	
% вологи	4,3	



Таблиця В

Виходи гарячих пароподібних продуктів  
гідропіролізу деревини відносно основи, яка  
не містить вологу і золу (MAF)

Вихід гарячого пароподібного продукту гідропіролізу деревини (відносно MAF основи)	Мас. %
Бензин	16
Дизельне паливо	10
Вугілля	13
Вода	36
CO	8,4
CO <sub>2</sub>	8,4
C <sub>1</sub> -C <sub>3</sub>	12,8
H <sub>2</sub> S	0,05
NH <sub>3</sub>	0,18

- Не вся біомаса є еквівалентною, і також була протестована друга вихідна сировина, яка значно відрізняється від деревини з точки зору механічних властивостей, циклу росту і складу.
- 5 Дана вихідна сировина являла собою кукурудзяну соломку. Кукурудзяна соломка включає в себе залишки стебел і лушпиння кукурудзи, які залишилися після збору поживних частин рослини. Досліджений зразок був типовим представником більшості типів кукурудзяної соломи, яка утворюється при зборі врожаю кукурудзи. Склад зразка кукурудзяної соломи представлений як відносно повної основи (яка включає вологу і золу у вихідній сировині), так і відносно основи,
- 10 яка не містить вологу і золу (MAF), в таблиці С. Як можна помітити в таблиці С в кукурудзяній соломі присутні невеликі, але помітні кількості азоту і сірки, як було у випадку деревної вихідної сировини. Як можна бачити в таблиці, зразок кукурудзяної соломи, яка містить набагато більше золи і вологи в порівнянні зі зразком з деревини.

- Як і у випадку деревної вихідної сировини, співвідношення між сірководнем і аміаком в гарячому пароподібному продукті, який виходить з процесу гідропіролізу кукурудзяної соломи, є дуже важливим. Склад пароподібного продукту гідропіролізу кукурудзяної соломи, як було виявлено, є дуже схожим на склад продукту, отриманого з деревини, виходячи з MAF основи. Відповідні значення показані в таблиці D. Одна значна відмінність між таблицями В і D стосується концентрації NH<sub>3</sub> і H<sub>2</sub>S в пароподібному продукті. Молярне відношення NH<sub>3</sub> до H<sub>2</sub>S в пароподібному продукті у випадку кукурудзяної соломи становить 15,2. І в цьому випадку,
- 20 присутня більш ніж достатня кількість NH<sub>3</sub> для взаємодії з H<sub>2</sub>S в потоці пароподібного продукту і утворення сульфід амонію. Як було у випадку з деревиною, утворюється більш ніж достатня кількість води протягом гідропіролізу кукурудзяної соломи, щоб повністю розчинити сульфід амонію і перемістити його в розчин протягом даного способу за даним винаходом. Потрібно
- 25 зазначити, що загальні маси в таблиці D дають в сумі до 106 %. Це зумовлене фактом, що задана кількість вологи і кукурудзяна соломка, яка не містить золи, взаємодіють з воднем в процесі гідропіролізу, і продукти, які утворюються в 15 результаті, мають більш високу загальну масу в порівнянні з вихідною сировиною, яка взаємодіяла.

Таблиця С

Склад типового зразка кукурудзяної соломи

Кукурудзяна соломка:	Вихідний склад	Вихідний склад, відносно MAF основи
% C (MAF)	38,0	50,7
% H (MAF)	4,8	6,4
% O (MAF)	31,2	41,6
% N (MAF)	0,9	1,2
% S (MAF)	0,1	0,2
% золи (MAF)	8,3	
% вологості	20,0	

Таблиця D

Склад пари, яка виходить, гідропіроліз  
типової кукурудзяної соломи відносно МАФ  
основи

Вихід гарячого пароподібного продукту гідропіролізу кукурудзяної соломи (відносно МАФ основи)	Мас. %
Бензин	15
Дизельне паливо	9
Вугілля	15
Вода	36
CO	8,4
CO <sub>2</sub>	8,4
C <sub>1</sub> -C <sub>3</sub>	13,8
H <sub>2</sub> S	0,12
NH <sub>3</sub>	0,92

- У той час як попередня специфікація даного винаходу була описана відносно конкретних переважних варіантів його здійснення, і багато які деталі були сформульовані з метою ілюстрації, фахівці в даній галузі розуміють, що даний винахід допускає додаткові варіанти здійснення, і що конкретні деталі, описані тут, можна істотно варіювати без відхилення від основних принципів винаходу.

#### ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

10

1. Спосіб гідропіролізу, який включає:

введення біомаси і водню в реактор гідропіролізу, який включає один або декілька реакторів; достатнє дезоксигенування біомаси для отримання пароподібного продукту, який виходить із реактора гідропіролізу з температурою, при якій всі складові частини пароподібного продукту знаходяться в газоподібному стані, де пароподібний продукт містить дезоксигеновані вуглеводні, які конденсуються, гази, які не конденсуються, і воду;

15

охолодження пароподібного продукту для конденсації рідкої органічної фази і рідкої водної фази, що включає щонайменше одну сполуку, яка складає пароподібний продукт, включаючи аміак (NH<sub>3</sub>), який переходить в розчин в рідкій водній фазі; і

20

фазове розділення на рідку водну фазу, яка містить розчинений аміак (NH<sub>3</sub>), і рідку органічну фазу шляхом обробки водної фази з отриманням як продукту газоподібного NH<sub>3</sub> або водного розчину аміаку (NH<sub>4</sub>OH).

2. Спосіб за п. 1, в якому реактор гідропіролізу включає множину з'єднаних послідовно реакторів.

25

3. Спосіб за п. 1 або 2, в якому NH<sub>3</sub> і H<sub>2</sub>S являють собою першу і другу сполуки з щонайменше однієї сполуки, що складає пароподібний продукт, де вказане охолодження пароподібного продукту приводить до конденсації рідкої водної фази, що містить початкову кількість NH<sub>3</sub> і початкову кількість H<sub>2</sub>S, і де переведений в розчин NH<sub>3</sub> присутній у рідкій водній фазі в надлишковій кількості, яка залишається після реакції вказаної початкової кількості із вказаною початковою кількістю H<sub>2</sub>S, для утворення (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S у рідкій водній фазі.

30

4. Спосіб за п. 3, в якому обробка водної фази включає каталітичну реакцію рідкої водної фази з киснем, в якій основна маса (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S окиснюється до (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

5. Спосіб за п. 1 або 2, який додатково включає відділення, від конденсованих органічної і водної фаз, охолодженої парової фази, що містить гази, які не конденсуються, включаючи вуглеводні, які не конденсуються, і H<sub>2</sub>S.

35

6. Спосіб за п. 5, який додатково включає обробку охолодженої парової фази для практично повного відділення H<sub>2</sub>S.

7. Спосіб за п. 6, в якому обробка охолодженої парової фази включає введення в контакт охолодженої парової фази з шаром сорбенту або з промивальною рідиною.

40

8. Спосіб за п. 5, який додатково включає спрямування щонайменше частини охолодженої парової фази в паровий риформінг з метою виробництва водню.

9. Спосіб за п. 1 або 2, в якому обробка водної фази включає обробку рідкої водної фази водним розчином кислоти для її очищення, з отриманням газоподібного  $\text{NH}_3$  як продукту.

10. Спосіб за п. 9, в якому  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  являють собою першу і другу сполуки з щонайменше однієї сполуки, що складає пароподібний продукт, де вказане охолодження пароподібного продукту приводить до конденсації рідкої водної фази, що містить початкову кількість  $\text{NH}_3$  і початкову кількість  $\text{H}_2\text{S}$ , і де переведений в розчин  $\text{NH}_3$  присутній у рідкій водній фазі в надмірній кількості, яка залишається після в надлишку відносно тієї кількості, яка витрачається в реакції вказаної початкової кількості із вказаною початковою кількістю  $\text{H}_2\text{S}$ , для утворення  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  у рідкій водній фазі, і де газоподібний потік  $\text{NH}_3$  виходить в результаті реакції рідкої водної фази з киснем для практично повного окислення  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  до  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  і подальшого спрямування рідкої водної фази на очищення водним розчином кислоти.

11. Спосіб за п. 10, в якому здійснюється каталітична реакція рідкої водної фази з киснем.

12. Спосіб за п. 1 або 2, в якому водний розчин аміаку ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) виходить як продукт в результаті реакції рідкої водної фази з метою практично повного окислення  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  до  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

13. Спосіб за п. 1 або 2, в якому біомаса містить вологу, яка сприяє утворенню рідкої водної фази.

14. Спосіб за п. 1 або 2, в якому дезоксигеновані вуглеводні, що конденсуються, практично повністю переходять в рідку органічну фазу і включають вуглеводні, які мають властивості, відповідні бензину, дизельному паливу і гасу.

15. Спосіб за п. 1 або 2, в якому біомаса містить сполуки, що містять азот (N) і сірку (S), які при реакції з вказаним воднем, що вводиться у вказаний реактор для гідропіролізу, утворюють одночасно  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  в пароподібному продукті, де початкова кількість  $\text{NH}_3$  є надлишковою відносно початкової кількості  $\text{H}_2\text{S}$ , яка потрібна для реакції з утворенням  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .

16. Спосіб за п. 1 або 2, в якому  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  являють собою першу і другу сполуки з щонайменше однієї сполуки, що складає пароподібний продукт, і рідка водна фаза містить воду в більшій кількості, ніж достатня кількість для розчинення в рідкій водній фазі  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , який утворюється в результаті реакції  $\text{NH}_3$  з  $\text{H}_2\text{S}$ .

17. Спосіб виробництва аміаку як продукту, який включає:

переробку біомаси на реакторі гідропіролізу, в якому отримуються твердий продукт і нагрітий пароподібний продукт, який виходить із реактора гідропіролізу з температурою, при якій всі складові частини пароподібного продукту знаходяться в газоподібному стані, де пароподібний продукт містить водень, монооксид вуглецю, діоксид вуглецю, дезоксигеновані вуглеводні, що конденсуються, і водяну пару;

охолодження нагрітого пароподібного продукту для конденсації, як окремих рідких фаз, органічної фази і водної фази, що включає  $\text{NH}_4\text{OH}$ , який утворюється при розчиненні  $\text{NH}_3$  з нагрітого пароподібного продукту у водній фазі; і

розділення рідких фаз і отримання як продукту аміаку, що являє собою газоподібний потік  $\text{NH}_3$  або водний продукт  $\text{NH}_4\text{OH}$ , що отримується з оброблюваної водної фази.

18. Спосіб за п. 17, в якому пароподібний продукт містить  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , і водна фаза додатково включає  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , що утворився в результаті одночасного розчинення у водній фазі вказаних  $\text{NH}_3$  і  $\text{H}_2\text{S}$  при вказаному охолодженні нагрітого пароподібного продукту після реакції частини вказаного  $\text{NH}_3$  із вказаним  $\text{H}_2\text{S}$  у водній фазі.

19. Спосіб за п. 17 або 18, в якому реактор гідропіролізу включає множину з'єднаних послідовно реакторів.

20. Спосіб за п. 17 або 18, в якому аміак, що отримується, являє собою газоподібний потік  $\text{NH}_3$ , що отримується за допомогою спрямування водної фази на очищення водним розчином кислоти.

21. Спосіб за п. 17 або 18, який додатково включає:

відділення, від рідких фаз, охолодженої парової фази, що включає вуглеводні, які не конденсуються, і

паровий риформінг щонайменше частини вуглеводнів, які не конденсуються, для виробництва водню, який використовується для переробки біомаси в реакторі гідропіролізу.

22. Спосіб гідропіролізу, який включає:

введення вихідної біомаси і водню в реактор гідропіролізу, що включає один або множину реакторів, причому у вихідній біомасі присутня сірка;

достатнє дезоксигенування біомаси для отримання пароподібного продукту, який виходить із реактора гідропіролізу з температурою, при якій всі складові частини пароподібного продукту знаходяться в газоподібному стані, де пароподібний продукт містить дезоксигеновані вуглеводні, які конденсуються, вуглеводні, які не конденсуються,  $\text{H}_2\text{S}$  і воду;

охолодження пароподібного продукту для отримання конденсованої рідкої органічної фази, конденсованої рідкої водної фази і охолодженої парової фази, що включає щонайменше частину  $H_2S$ ;

5 розділення конденсованої рідкої органічної фази, конденсованої рідкої водної фази і охолодженої парової фази;

обробку охолодженої парової фази для практично повного відділення  $H_2S$  і отримання обробленої парової фази, що включає щонайменше частину вуглеводнів, які не конденсуються;

і спрямування обробленої парової фази на паровий риформінг для виробництва водню з вуглеводнів, які не конденсуються.

23. Спосіб за п. 22, в якому реактор гідропіролізу включає множину з'єднаних послідовно реакторів.

24. Спосіб за п. 22 або 23, в якому стадія обробки включає введення в контакт охолодженої парової фази з шаром сорбенту з промивальною рідиною.

15 25. Спосіб за п. 22 або 23, який додатково включає повернення щонайменше частини водню після риформінгу в реактор гідропіролізу.

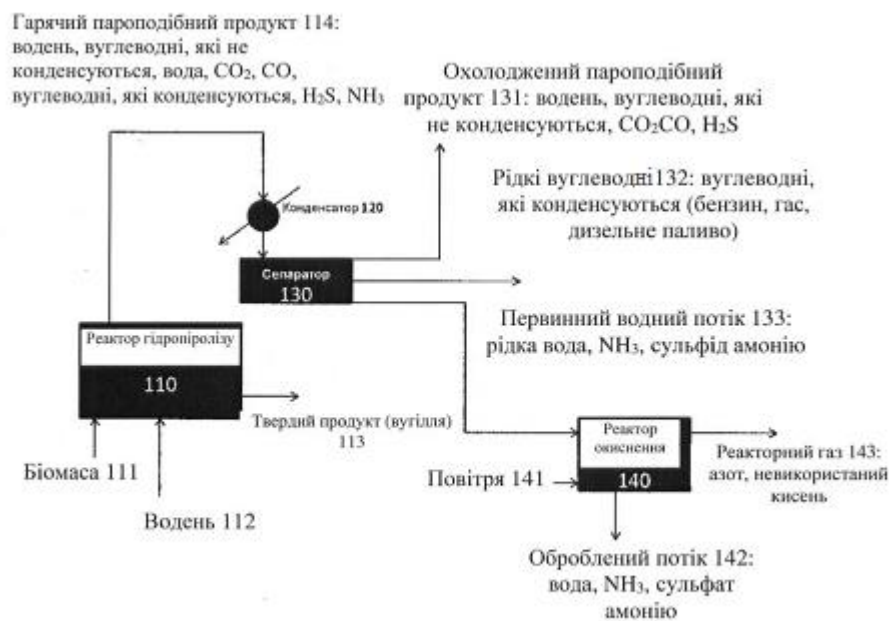
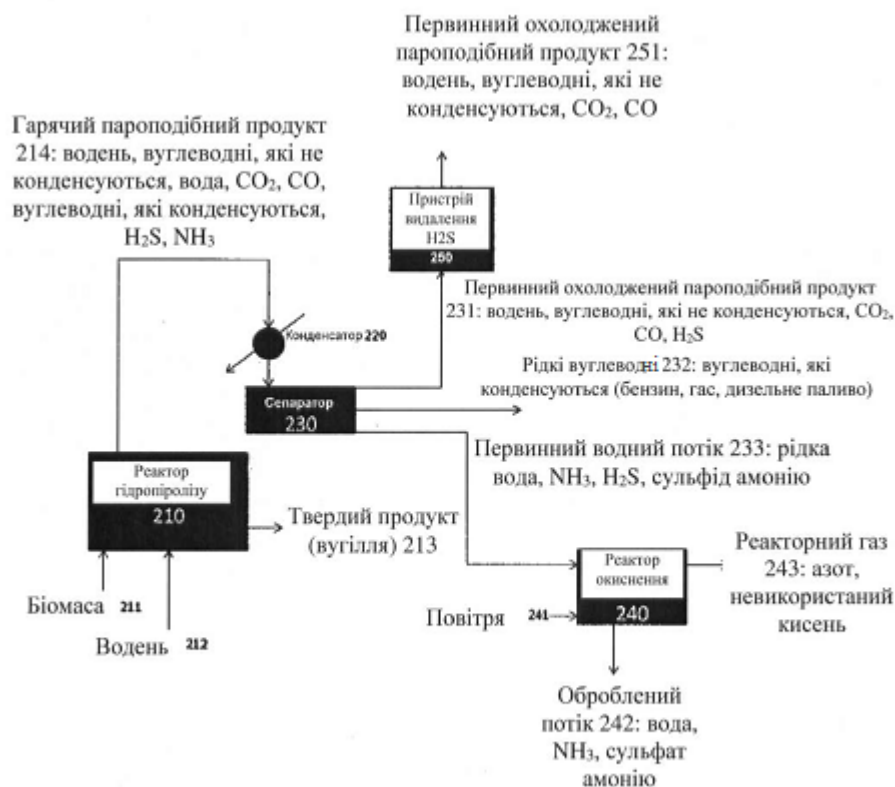
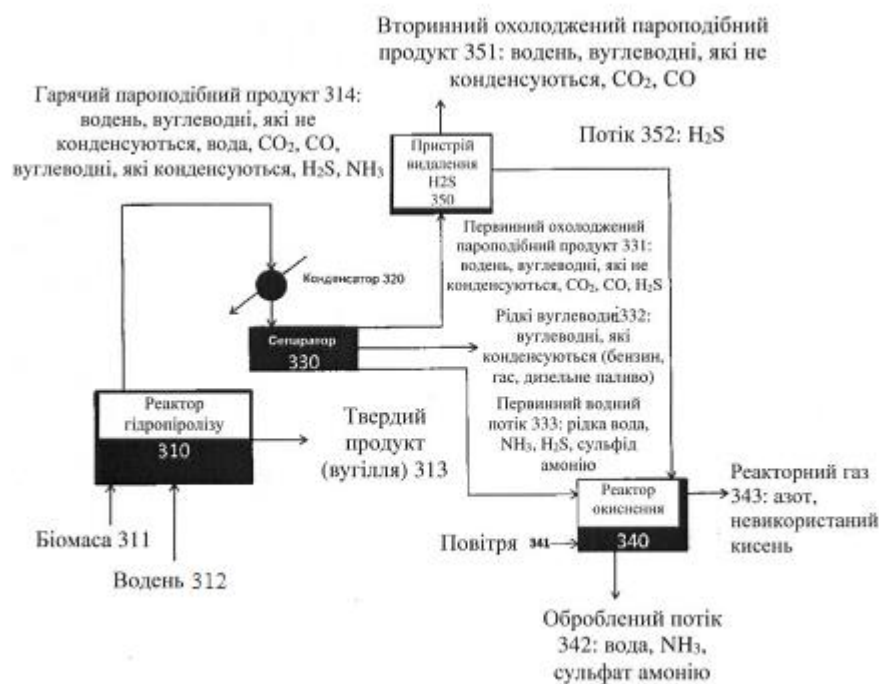


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

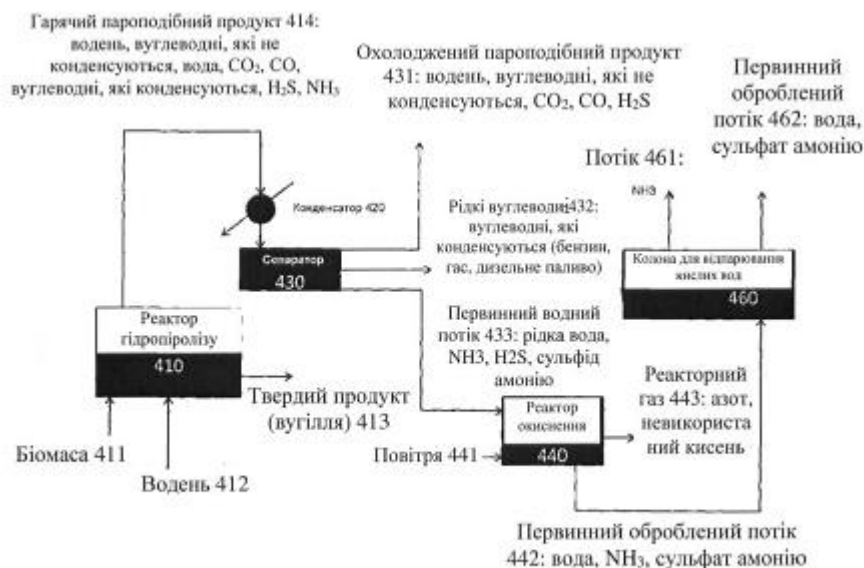


Fig. 4



Fig. 5

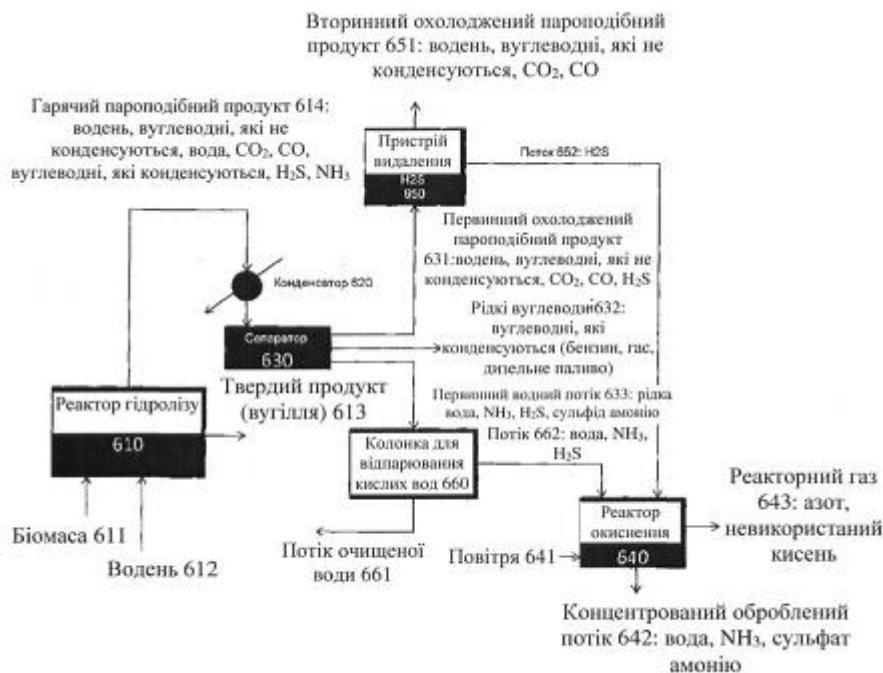


Fig. 6

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601